

Perancangan Mesin Pembuat Tepung Tapioka

Oegik Soegihardjo

Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra
Email: oegiks@petra.ac.id

Aninditya

Alumni Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Perancangan mesin pembuat tepung tapioka (tepung singkong atau ketela pohon) ini merupakan salah satu upaya penerapan teknologi tepat guna, untuk membantu penduduk yang selama ini masih menerapkan cara tradisional dalam pembuatan tapioka. Cara tradisional pembuatan tepung tapioka terdiri dari proses pamarutan ketela pohon yang sudah dikupas, kemudian pemerasan (penggilasan) dan penyaringan parutan ketela pohon yang sudah dicampur air, untuk mendapatkan tepung tapioka. Pada cara tradisional, masing-masing proses tersebut dilakukan secara terpisah, dan manual. Dengan mesin yang dirancang ini, proses pamarutan ketela pohon yang sudah dikupas, pemerasan (penggilasan) dan penyaringan parutan ketela pohon untuk mendapatkan tepung tapioka bisa dilakukan dalam satu rangkaian proses. Dengan mesin yang dirancang ini, waktu proses, yaitu proses pamarutan, pemerasan (penggilasan), dan penyaringan menjadi lebih singkat, bila dibandingkan dengan cara tradisional. Dengan waktu proses yang lebih singkat, laju produksi per satuan waktu menjadi lebih besar.

Kata kunci: proses pamarutan, pemerasan, penyaringan, tapioka.

Abstract

The design of tapioca maker is part of an implementation of appropriate technology, to provide people to have a better way to produce tapioca. Traditionally, producing tapioca consist of three steps: grating, squeezing, and filtering. Each step is done separately, by manual operation. With this tapioca maker, those three steps of producing tapioca could be done automatically in a consecutive process. Compare with that of traditional process, the production rate of this the tapioca maker is much higher.

Keywords: grating, squeezing, and filtering process, tapioca.

1. Pendahuluan

Proses pembuatan tepung tapioka secara tradisional terdiri dari tiga tahap yang dilakukan secara terpisah. Tahap pertama adalah proses pamarutan ketela pohon yang sudah dikupas kulitnya, sedangkan tahap kedua dan ketiga adalah proses pemerasan dan penyaringan parutan ketela pohon yang sudah dicampur air, untuk mendapatkan tepung tapioka. Proses pamarutan, proses pemerasan dan penyaringan untuk mendapatkan tepung tapioka dilakukan dengan cara manual, menggunakan tenaga manusia.

Selain dengan cara tradisional (yang umumnya dengan cara manual), tahapan pembuatan tepung tapioka juga dapat dilakukan secara mekanik, yaitu dengan bantuan peralatan, baik untuk proses pamarutan maupun proses pemerasan dan penyaringannya. Cara mekanik yang ada, menggunakan

dua alat yang terpisah di mana satu alat dipakai untuk proses pamarutan, sedangkan alat yang lain digunakan untuk proses pemerasan dan penyaringan.

Untuk meningkatkan efisiensi proses serta kapasitas per satuan waktu, mesin yang dirancang untuk proses pembuatan tepung tapioka secara mekanik diupayakan agar bisa menggabungkan ketiga tahapan proses (pamarutan, pemerasan, serta penyaringan) dalam sebuah peralatan/mesin. Ada beberapa alternatif mekanisme yang bisa dipakai, baik untuk tahapan pamarutan maupun tahap pemerasan dan penyaringan.

2. Mekanisme Pamarutan dan Pemerasan

Pamarutan ketela pohon untuk menghasilkan tepung tapioka merupakan suatu proses untuk memecahkan dinding sel pada umbi ketela pohon agar butir tepung/pati yang terdapat di dalam ketela pohon tersebut dapat diambil. Setelah proses pamarutan dilakukan, hasil parutan dicampur dengan air kemudian diperas dan disaring. Setelah

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2005. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 7 Nomor 2 Oktober 2005.

disaring, campuran yang terdiri dari tepung ketela pohon dan air ini diendapkan. Setelah mengendap dan dipisahkan dari airnya, maka endapan tepung ketela pohon ini kemudian dijemur hingga kering. Proses penjemuran dan pengeringan dilakukan terpisah dan tidak merupakan bagian dari mesin yang dirancang ini.

2.1 Mekanisme Pamarutan

Mekanisme yang umumnya dipakai untuk proses pamarutan ada dua macam. Pertama adalah menggunakan parut berputar. Pada proses pamarutan ini, ketela pohon yang telah dikupas diparut dengan menggunakan silinder berparut, yang mendesak pada celah dengan jarak tertentu. Silinder berparut diputar dengan menggunakan motor pada kecepatan putar tertentu. Sistem ini dipakai pada proses pamarutan mekanis.

Sedangkan yang kedua menggunakan pamarut manual atau pamarut tetap. Pada proses pamarutan ini, pamarutan menggunakan plat yang terbuat dari *stainless steel*, yang memiliki gigi parut yang berbentuk seperti paku tajam. Gigi parut ini akan menyayat ketela pohon sehingga menjadi butiran/sayatan yang halus. Untuk pamarut manual yang bahannya menggunakan plat *stainless steel*, gigi parut berasal dari bahan itu sendiri yang disayat, sehingga lembaran yang disayat tersebut berbentuk seperti paku-paku tajam.

2.2 Mekanisme Pemerasan dan Penyaringan

Mekanisme pemerasan dan penyaringan adalah proses pengambilan tepung tapioka dari parutan ketela pohon yang sudah dicampur dengan air. Hasil dari proses pemerasan dan penyaringan ini berupa campuran antara air dan tepung tapioka. Campuran ini kemudian diendapkan. Setelah tepung tapioka mengendap, airnya dipisahkan, dan endapannya dijemur/dikeringkan.

Mekanisme pertama untuk proses pemerasan dan penyaringan menggunakan system ayakan atau saringan. Parutan ketela pohon yang sudah dicampur air diletakkan di atas saringan tersebut, kemudian diperas atau digilas perlahan sehingga campuran tepung tapioka dan air akan jatuh ke bawah, terpisah dari ampasnya.

Mekanisme kedua menggunakan system *screw*, yang terdiri dari sebuah *screw* yang ada dalam silinder (dinding *screw*). *Screw* diputar sehingga mendorong parutan ketela pohon yang dicampur air, yang berada diantara *screw* dan silinder. Parutan ketela pohon yang dicampur air, masuk dari *hopper* yang ada di salah satu ujung *screw*, berpindah bersamaan dengan gerakan *screw*, dan keluar pada ujung lain dari *screw* (bagian keluaran).

Mekanisme ketiga menggunakan poros penggilas yang diletakkan di atas plat penahan yang berlubang-lubang (yang sekaligus berfungsi sebagai saringan). Parutan ketela pohon yang dicampur air masuk dari salah satu sisi/ujung plat berlubang-lubang (bagian masukan), kemudian digilas oleh poros penggilas. Poros penggilas akan menekan dan menggilas campuran parutan ketela pohon dan air. Tepung tapioka yang bercampur air akan jatuh ke bawah, sedangkan ampas parutan akan bergerak bersama poros penggilas ke arah bagian keluaran penampung ampas parutan yang terletak pada sisi/ujung lain dari plat berlubang.

2.3 Mekanisme Pamarutan dan Pemerasan yang Dipilih

Mesin pembuat tepung tapioka yang dirancang menggunakan mekanisme pamarut berputar (pamarut berbentuk silinder), yang digabung dengan mekanisme pemerasan dan penyaringan menggunakan poros penggilas yang diletakkan di atas plat berlubang-lubang yang sekaligus berfungsi sebagai penyaring. Penggabungan ini bertujuan untuk menyatukan ketiga proses (pamarutan, pemerasan serta penyaringan) yang umumnya dilakukan melalui alat yang terpisah.

3. Cara Kerja Mesin

Gambar mesin pembuat tepung tapioka serta bagian-bagian utamanya dapat dilihat pada lampiran 1. Cara kerja mesin pembuat tepung tapioka adalah sebagai berikut: motor pamarut (13) dihubungkan dengan sabuk V untuk menggerakkan puli silinder pamarut (14). Silinder pamarut yang terhubung dengan puli (14) akan berputar dan memarut ketela pohon yang ditampung di *hopper* (7). Ketela pohon yang sudah diparut akan mengalir melalui plat penyalur hasil parutan (8) menuju bagian penggilas (2). Tahapan di atas merupakan proses pamarutan. Dari tahapan ini, hasil parutan ketela pohon yg dicampur air akan masuk ke tahap berikutnya, yaitu proses pemerasan/penggilaan sekaligus proses penyaringan.

Proses pemerasan/penggilaan sekaligus proses penyaringan dimulai ketika hasil parutan ketela pohon melewati penyalur hasil parutan (8) dan masuk ke plat berlubang (9). Plat berlubang (9) selain merupakan tempat/landasan untuk proses pemerasan/penggilaan, juga berfungsi sebagai penyaring untuk memisahkan campuran tepung tapioka-air, dengan ampasnya. Campuran tepung tapioka dan air (setelah melewati proses penyaringan) akan masuk ke penampung campuran (10), untuk kemudian diteruskan ke bak penampung (tidak tercantum pada gambar) yang diletakkan di bawah penampung campuran. Sedangkan ampas

sisanya akan dibuang melalui saluran pembuangan (11). Proses penggilasan dilakukan oleh rol penggilas (5) yang bergerak sejajar di atas plat berlubang (9). Rol penggilas (5) dipasang pada rantai penggerak rol penggilas (12) yang digerakkan oleh sproket (15). Sproket (15), yang jumlahnya empat buah, digerakkan oleh motor penggilas (4) melalui transmisi rantai penghubung sproket motor penggilas dan sproket mekanisme penggilas (6).

4. Landasan Teori

Bagian-bagian utama mesin pembuat tepung tapioka ini adalah rol penggilas, poros, puli, sabuk V, rantai, penyangkutan serta pamarut. Dalam rancangan yang dibuat, mekanisme pamarut dan mekanisme pemerasan/penggilas menggunakan dua motor yang berbeda. Daya motor yang diperlukan untuk menggerakkan mekanisme pamarut dan mekanisme pemerasan/penggilas dihitung dengan rumus berikut,

$$P = \frac{T \cdot n}{716,2} \quad (1)$$

di mana:

P : daya motor yang dibutuhkan (HP)

T : torsi (kg.m)

n : putaran (rpm)

Untuk mentransmisikan putaran motor ke mekanisme pamarut, digunakan sabuk V dan puli. Pada perencanaan sabuk V, jarak poros C, harus memenuhi syarat tertentu. Parameter jarak poros menentukan dimensi panjang sabuk V. Syarat yang harus dipenuhi untuk parameter jarak poros C, adalah:

$$C - 0,5 (d_k - D_k) > 0 \quad (2)$$

di mana:

C : jarak poros (mm)

d_k : diameter puli luar kecil (mm)

D_k : diameter puli luar besar (mm)

Panjang sabuk V, dinyatakan dengan parameter (L), dapat dihitung dengan rumus:

$$L = 2C + 0,5 \pi (d_p + D_p) + 0,25C (D_p - d_p)^2 \quad (3)$$

di mana:

L : panjang sabuk V (mm)

d_p : diameter nominal puli kecil (mm)

D_p : diameter nominal puli besar (mm)

Kecepatan linier sabuk V, dinyatakan dengan parameter (V_p), dihitung dengan rumus:

$$V_p = (\pi d_p n) / (60.000) \quad (4)$$

di mana:

V_p : kecepatan linier sabuk V (m/det)

d_p : diameter nominal puli kecil (penggerak) (mm)

n : putaran motor (rpm)

Untuk perencanaan sproket dan rantai, panjang rantai dihitung setelah jumlah gigi sproket besar dan sproket kecil ditentukan. Panjang rantai, yang dinyatakan dalam jumlah mata rantai dihitung dengan rumus:

$$L_p = (Z_1 + Z_2)/2 + 2 C_p + [(Z_1 - Z_2)/6,28]^2 / C_p \quad (5)$$

di mana:

L_p : panjang rantai (dinyatakan dalam jumlah mata rantai)

Z_1 : jumlah gigi sproket kecil

Z_2 : jumlah gigi sproket besar

C_p : jarak sumbu poros (dinyatakan dalam jumlah mata rantai).

Perhitungan diameter poros yang digunakan pada peralatan yang dirancang ini, dihitung dengan rumus:

$$[(0,58 S_{yp}) / N] > (16/\pi d^3) (M^2 + T^2)^{0,5} \quad (6)$$

di mana:

$$= 0,5 S_u$$

S_{yp} : tegangan pada *yield point* (N/mm²)

S_u : tegangan *ultimate* (N/mm²)

N : faktor keamanan

d : diameter poros (mm)

M : momen bending maksimum (N mm)

T : torsi (N mm).

Torsi yang terjadi pada poros dihitung berdasarkan rumus:

$$T = 716,2 P / n \quad (7)$$

di mana:

T : torsi yang terjadi (kg m)

P : daya motor (HP)

n : putaran (rpm).

Untuk menentukan besarnya torsi pada poros pamarut, dilakukan pengujian sehingga didapatkan besarnya torsi pada poros yang mampu melakukan proses pamarutan. Pengujian dilakukan menggunakan rol pamarut dengan diameter 100 mm. Pada poros rol pamarut ini dilengkapi lengan yang panjangnya 50 mm, yang pada ujungnya diberi tali untuk menempatkan beban. Pada rol pamarut ditempatkan ketela pohon yang akan diparut, kemudian pada lengan diberikan beban, sehingga rol bisa memarut ketela pohon tersebut.

Pada pengujian tersebut, beban dengan massa 1,5 kg mampu memarut ketela pohon yang digunakan dalam pengujian untuk menentukan besarnya torsi. Dengan torsi yang didapat dari pengujian ini, digunakan untuk memilih/ menentukan motor yang dipakai untuk menggerakkan mekanisme pamarut.

5. Data Hasil Rancangan

Data pada tabel 1 berikut merupakan data dimensi-dimensi utama dari mesin pembuat tepung tapioka yang dirancang/dibuat.

Tabel 1. Dimensi Utama Mesin yang Dirancang

No	Nama bagian mesin	Dimensi
1.	Motor mekanisme pamarut	0,25 HP, 1400 rpm
2.	Motor mekanisme penggilas	0,1 HP, 200 rpm
3.	Sabuk V mekanisme pamarut	Tipe A 42
4.	Diameter puli pamarut (<i>driver</i>)	50,8 mm
5.	Diameter puli pamarut (<i>driven</i>)	114,3 mm
6.	Rantai penggerak mekanisme penggilas	No. 25, rangkaian tungg-gal, 47 mata rantai
7.	Rantai rol penggilas	No. 40, rangkaian tungg-gal, 92 mata rantai
8.	Sproket mekanisme penggilas (<i>driver</i>)	Jumlah gigi 15
9.	Sproket mekanisme penggilas (<i>driven</i>)	Jumlah gigi 36
10.	Sproket rol penggilas	Jumlah gigi 40
11.	Diameter poros pamarut	20 mm
12.	Diameter poros penggilas	20 mm
13.	Diameter poros rol penggilas	10 mm

6. Pengujian Mesin Pembuat Tepung Tapioka

Untuk mengetahui kemampuan mesin pembuat tepung tapioka yang dirancang, setelah mesin tersebut dibuat, dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah kemampuannya bisa memberikan hasil sebagaimana yang direncanakan. Mesin pembuat tepung tapioka ini dirancang untuk mampu memarut, menggilas dan menyaring 10 kilogram ketela pohon per jam yang sudah dikupas kulitnya.

Hasil akhir yang diperoleh dari mesin yang dirancang ini (setelah melalui proses pamarutan, penggilas dan penyaringan) adalah campuran antara tepung tapioka dan air. Untuk mendapatkan tepung tapioka kering, campuran antara tepung tapioka dan air ini harus diendapkan, kemudian dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan secara terpisah dan bukan merupakan bagian proses dari mesin yang dirancang ini.

Agar pengujian kemampuan mesin (pamarutan, penggilas dan penyaringan) lebih mudah dilakukan dan dianalisis, maka setiap kali pengujian, jumlah ketela pohon yang dimasukkan ke dalam mesin pembuat tepung tapioka sebanyak 2 kilogram. Pengujian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui waktu proses yang diperlukan oleh mesin, untuk memarut, menggilas dan menyaring 2 kg ketela pohon.

Langkah-langkah untuk pengujian mesin ini adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan beberapa peralatan yang diperlukan dalam pengujian: timbangan, pencatat waktu, tempat penampung.

2. Menyediakan ketela pohon yang telah dikupas. Untuk memperlancar proses masuknya ketela pohon ke bagian pamarut, ketela pohon dipotong menjadi tiga atau empat bagian.
3. Menjalankan mesin serta memasang tempat penampung campuran tepung tapioka dan air (hasil pamarutan, penggilas dan penyaringan) serta penampung ampas ketela pohon (sisa hasil penggilas dan penyaringan).
4. Melakukan pengujian. Setiap kali pengujian, jumlah ketela pohon yang dimasukkan ke dalam *hopper* pamarut, sebanyak 2 kilogram. Pada saat pengujian dilakukan, proses yang diuji pada mesin ini adalah proses pamarutan, penggilas dan penyaringan. Data waktu proses pada table 2, adalah proses yang diperlukan untuk memarut, menggilas dan menyaring 2 kg ketela pohon yang dimasukkan melalui *hopper*. Hasil akhir yang diperoleh dari mesin ini (dari rangkaian proses pamarutan, penggilas, dan penyaringan) adalah campuran antara air dan tepung tapioka.
5. Mencatat hasil pengujian, berupa waktu yang diperlukan untuk memarut, menggilas, dan menyaring 2 kilogram ketela pohon yang dimasukkan ke dalam *hopper*. Proses pengeringan campuran antara air dan tepung tapioka (yang merupakan hasil akhir yang diperoleh dari mesin ini setelah melalui proses pamarutan, penggilas dan penyaringan), dilakukan terpisah dari mesin ini, dan tidak merupakan bagian proses dari mesin yang dirancang ini.
6. Mengendapkan dan mengeringkan campuran tepung tapioka dan air, yang merupakan hasil dari mesin yang dirancang. Langkah ke enam ini dilakukan untuk mengetahui berapa banyak tepung tapioka kering yang diperoleh dari 2 kg ketela pohon yg diparut, digilas, dan disaring melalui mesin yang dirancang. Hasil pengujian yang dilakukan, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Mesin Pembuat Tepung Tapioka

No.	Ketela pohon yang diparut (kg)	Tepung tapioka kering yang dihasilkan (gr) (*)	Waktu proses menit) (**)
1.	2	560	11
2.	2	555	10
3.	2	568	11
4.	2	560	12
5.	2	557	10

Catatan:

(*) Proses pengeringan tepung tapioka dilakukan terpisah, dan bukan merupakan bagian proses dari mesin yang dirancang.

(**) Waktu proses yang dimaksud adalah waktu pamarutan, penggilas dan penyaringan untuk 2 kilogram ketela pohon yang diparut. Waktu proses tersebut tidak termasuk waktu pengeringan.

7. Analisa Hasil Pengujian dan Unjuk Kerja Mesin

Dari data yang diperoleh selama pengujian, maka kapasitas mesin yang dirancang yaitu mampu memarut, menggilas dan menyaring 10 kilogram ketela pohon per jam, dapat dicapai. Dari pengujian yang dilakukan sebanyak lima kali (dengan masing-masing pengujian jumlah ketela pohon yang diparut 2 kg), waktu yang diperlukan untuk memarut, menggilas dan menyaring sehingga dihasilkan campuran air dan tepung tapioka, sebesar 10 – 12 menit.

Tepung tapioka kering yang diperoleh dari 2 kilogram ketela pohon yang diparut adalah sekitar 0,56 kilogram. Tepung tapioka kering diperoleh setelah campuran tepung tapioka dan air (hasil dari proses pamarutan, penggilasan dan penyaringan) diendapkan, dan dijemur hingga kering. Proses pengeringan ini memang bukan menjadi bagian perancangan mesin pembuat tepung tapioka. Proses pengeringan untuk memperoleh tepung tapioka kering sebagai mana disebutkan di atas, memerlukan waktu antara 2 sampai 4 jam.

Selama pengujian dilakukan, mesin bekerja dengan baik. Proses pamarutan, penggilasan, dan penyaringan berjalan sebagaimana rancangan yang diinginkan. Hasil parutan mengalir dengan lancar dari proses pamarutan ke proses penggilasan. Dengan tiga rol penggilas, maka konsentrasi tepung yang bercampur dengan air sangat tinggi. Mekanisme penyaring juga berfungsi dengan baik, sehingga ampas sisa penggilasan tidak bercampur dengan larutan tepung dengan air.

8. Usulan untuk Penyempurnaan Rancangan Mesin

Setelah melakukan sejumlah pengujian, ada beberapa usulan/masukan yang bisa dilakukan untuk penyempurnaan rancangan ini. Usulan penyempurnaan pertama adalah perbaikan proses pemberian air pada saat proses pamarutan, yang masih dilakukan secara manual dengan cara menuangkan melalui gayung. Penyempurnaan yang bisa dilakukan adalah dengan menambahkan pipa yang diberi beberapa lubang, dan dilengkapi dengan keran pengatur debit air, dan pipa ini diletakkan pada salah satu sisi memanjang dari *hopper*. Dengan penyempurnaan ini, debit air lebih mudah diatur, dan air bisa disiramkan secara merata pada ketela yang sedang diparut.

Penyempurnaan kedua yang bisa dilakukan adalah memakai satu motor penggerak, untuk menggerakkan mekanisme pamarutan dan mekanisme penggilasan. Rancangan yang sudah dibuat menggunakan dua motor penggerak, masing-masing motor dipakai untuk menggerakkan mekanisme pamarutan dan mekanisme penggilasan (pada proses penggilasan dilakukan sekaligus

proses penyaringan). Penggunaan satu motor penggerak untuk menggerakkan seluruh mekanisme pada mesin pembuat tepung tapioka ini sangat dimungkinkan, dan bisa mengurangi biaya awal untuk mesin.

Penyempurnaan ketiga adalah penempatan rantai sproket yang menggerakkan rol penggilas. Pada saat pengujian dilakukan dalam waktu lama, maka sebagian dari hasil parutan yang sedang mengalami proses penggilasan, akan terkumpul pada sisi kiri maupun kanan rol penggilas. Hasil parutan yg terkumpul pada sisi kiri maupun kanan rol penggilas ini lama kelamaan jumlahnya akan semakin banyak, sehingga khirnya akan menempel pada rantai sproket yang menggerakkan rol penggilas.

Ada dua alternative penyempurnaan yang bisa dilakukan, yaitu menambahkan plat pengarah, yang diletakkan di depan rol penggilas, yang berfungsi untuk mengembalikan hasil parutan yang berada di sisi kiri maupun kanan rol penggilas, agar kembali ke posisi tengah (di mana penggilasan berlangsung). Atau menggeser posisi rantai sproket penggerak rol penggilas ke arah luar, sehingga hasil parutan tidak akan menempel pada rantai tersebut.

9. Kesimpulan

Dari pengujian yang dilakukan, mesin yang dirancang untuk membuat tepung tapioka dapat bekerja dengan baik. Proses pamarutan, proses penggilasan maupun penyaringan berjalan baik sehingga menghasilkan kapasitas sesuai dengan yang dirancang. Kapasitas yang dirancang, yaitu kemampuan memarut, menggilas, kemudian menyaring, sebanyak 10 kilogram ketela pohon per jam, bisa dicapai pada saat pengujian dilakukan.

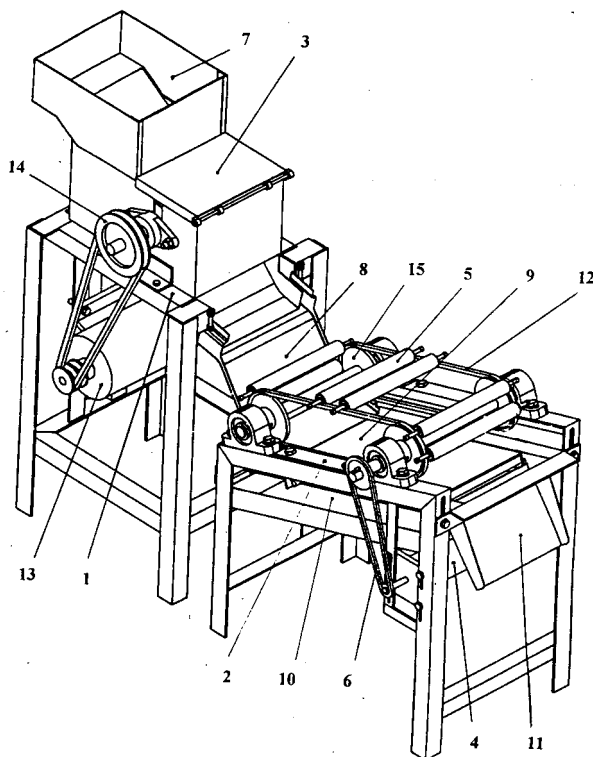
Beberapa usulan penyempurnaan bisa diper-timbangkan, agar rancangan berikutnya bisa lebih baik. Usulan penyempurnaan adalah penambahan pipa yang diberi lubang-lubang untuk saluran air agar proses pemberian air saat proses pamarutan merata; pemakaian satu motor penggerak untuk menggerakkan mekanisme pamarut dan mekanisme penggilas; serta memperbesar jarak rantai penggerak rol penggilas agar hasil parutan yang sedang digilas tidak bersentuhan dengan rantai.

Daftar Pustaka

1. Aninditya., *Mesin pembuat Tepung Tapioka.*, Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2004.
2. Beer, F.P., and Jhonston, E.R., *Mechanics for Engineers: Dynamics.*, 4th edition, McGraw Hill Company, Singapore, 1987.

3. Deutschman, A.D., *Machine Design: Theory and Practice.*, Macmillan Publishing Co., Inc., New York, 1975.
4. Handoyo, S.E., *Membuat Tepung Tapioka.*, Bhatara Karya Aksara, Jakarta, 1985.
5. Kulwice, A.R., *Material Handling Handbook*, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1985.
6. Sularso, dan Suga, K., *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin.*, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1992.

Lampiran 1. Gambar Mesin Pembuat Tapioka



Keterangan:

1. Mekanisme pamarut.
2. Mekanisme penggilas dan penyaring.
3. Tutup silinder pamarut.
4. Motor penggilas.
5. Rol penggilas.
6. Rantai penghubung sproket motor penggilas dan sproket mekanisme penggilas.
7. Penampung ketela pohon sebelum di parut (*hopper*).
8. Plat penyalur hasil parutan menuju bagian penggilas.
9. Plat berlubang (sebagai penyaring).
10. Penampung campuran tepung tapioka dan air sesudah proses penggilaan dan penyaringan.
11. Saluran pembuangan ampas sisa penggilaan dan penyaringan.
12. Rantai penggerak rol penggilas.
13. Motor pamarut.
14. Puli silinder pamarut.
15. Sproket.